

PATHOLOGY IN MARINE AQUACULTURE (PATHOLOGIE EN AQUACULTURE MARINE). 1986.  
C.P. Vivarès, J.-R. Bonami, and E. Jaspers (Eds). European Aquaculture  
Society, Special Publication No. 9. Bredene, Belgium.

MODALITES DE L'INFESTATION PAR DIPLECTANUM AEQUANS,  
MONOGENE ECTOPARASITE DE DICENTRARCHUS LABRAX EN AQUICULTURE.  
ELEMENTS D'EPIDEMIOLOGIE ET DE PROPHYLAXIE

P. SILAN et C. MAILLARD

Laboratoire de Parasitologie comparée, UA CNRS 698  
Université des Sciences et Techniques du Languedoc  
Place Eugène Bataillon, F-34060 Montpellier Cédex, France

RESUME

Parmi les trois Monogènes parasites branchiaux du Bar Dicentrarchus labrax, Diplectanum aequans s'est avéré à plusieurs reprises le plus pathogène en aquiculture. Divers aspects des mécanismes démographiques propres à ce parasite ont été analysés sur des hôtes élevés en cage immergée, en raceway et en bassin expérimental. Alors que des processus régulateurs interviennent dans les cages et limitent toute explosion démographique, les accroissements de population en bassin sont parfois tels qu'ils provoquent d'importantes mortalités chez D. labrax. Une approche expérimentale de la colonisation des hôtes a permis de confirmer la nature agrégative de la répartition de ces Monogènes au sein de stocks de Poissons d'élevage. A partir de ces données épidémiologique, des mesures prophylactiques sont proposées.

MOTS CLES : Aquiculture, Dicentrarchus labrax, Diplectanum aequans,  
Epidémiologie, Méditerranée, Ectoparasitisme.

ABSTRACT

MODALITIES OF THE INFECTION OF DICENTRARCHUS LABRAX BY AN  
ECTOPARASITE MONOGENEA DIPLECTANUM AEQUANS, IN AQUACULTURE.  
EPIDEMIOLOGICAL AND PROPHYLACTIC DATA

Among the three branchial monogeneans which are found on seabass Dicentrarchus labrax, Diplectanum aequans proved many times to be the most pathogenic in aquaculture. Aspects of demographical patterns peculiar to the parasite were analysed on hosts reared in a floating cage, a raceway and an experimental tank. While regulating mechanisms occur in the cages which control the demographic expansion, the increase of population in the tank sometimes becomes so high that it leads to heavy mortalities in D. labrax. By experimental colonization of the host it was possible to confirm the aggregative form of the monogenean distribution in the fish-farmed stocks. From these epidemiological data, prophylactic measures are proposed.

KEY WORDS : Aquaculture, Dicentrarchus labrax, Diplectanum aequans,  
Epidemiology, Mediterranean sea, Ectoparasitism.

## INTRODUCTION

Le Bar ou Loup Dicentrarchus labrax abrite de nombreux parasites (Maillard dans Barnabé, 1980), et notamment sur ses branchies trois Plathelminthes de la classe des Monogènes, un Polyopisthocotylea : Microcotyle labracis Van Beneden et Hesse, 1863, et deux Monopisthocotylea congénériques : Diplectanum aequans (Wagener, 1857), Diesing, 1858, et Diplectanum laubieri Lambert et Maillard, 1974.

Ce Téléostéen fait l'objet d'un élevage intensif depuis plusieurs années, et c'est dans le cadre de cet élevage que sont apparus des problèmes de pathologie parasitaire, liés notamment à la présence de Diplectanum aequans.

Il convient de rappeler que cet ectoparasite a un cycle direct comme tous les Monogènes (Baer et Euzet, 1961); il y a en effet alternance d'une phase parasite sur les branchies et d'un stade libre (oeuf et larve ciliée nageante, oncomiracidium dans le milieu marin). C'est parmi les Métazoaires parasites ayant un cycle biologique sans hôte intermédiaire que l'on rencontre le plus d'agents pathogènes en aquiculture. En effet, outre les lésions provoquées individuellement par les parasites (Oliver, 1977), l'existence d'un cycle holoxène augmente la capacité potentielle d'infestation en élevage (Silan, 1984). Par conséquent, une analyse des mécanismes de recrutement chez des Bars a été entreprise, en comparant la structure de populations parasitaires dans des cage immergées, dans des raceways et en bassin expérimental.

## TERMINOLOGIE

- (1) - Infrapopulation : ensemble des individus d'une espèce parasite présents sur ou dans un hôte.
- (2) - Intensité moyenne : rapport du nombre total d'individus d'une espèce parasite dans un échantillon d'hôtes sur le nombre d'hôtes infestés dans l'échantillon = nombre moyen d'individus d'une espèce parasite par hôte parasité dans l'échantillon.
- (3) - Abondance : rapport du nombre total d'individus d'une espèce parasite dans un échantillon d'hôtes sur le nombre total d'hôtes (infestés et non infestés) dans l'échantillon = nombre moyen d'individus d'une espèce parasite par hôte examiné.
- (4) - Intensité : nombre d'individus d'une espèce parasite présents sur ou dans un hôte, donc dans une infrapopulation.

## MATERIEL ET METHODES

Les prélèvements de Bars ont été effectués dans deux élevages languedociens :

### ELEVAGE 1

Les prélèvements portent sur des alevins en éclosion (âgés de 20 et 45 jours), sur des Poissons de 1 an et de deux ans et demi en cours de grossissement en cages, (prélèvements de mai à septembre), et sur des jeunes Bars séjournant en raceway avant, pendant et après leur premier hiver.

## ELEVAGE 2

Les Poissons ont été échantillonnés dans un raceway lors de leur premier hiver, tandis que des fortes mortalités affectaient ce stock.

Par ailleurs, deux lots de 10 Bars, provenant d'un raceway de l'élevage 1 ont été prélevés en septembre en fin de pré-grossissement. Chaque lot a été placé dans un bac de 300 l, l'eau étant maintenue en circuit fermé (expériences A et B). A l'issue de ces expériences de confinement, les 10 Poissons d'un même groupe ont été sacrifiés pour examen le même jour.

La stabulation a été maintenue un mois et demi pour l'expérience A et quatre mois pour l'expérience B.

Les branchies de chaque hôte échantillonné sont examinées afin de déterminer les effectifs des infrapopulations (1) de D. aequans. Sur certains Poissons, la structure de ces infrapopulations est précisée en considérant trois classes d'âges chez le parasite, établies sur des critères morpho-anatomiques :

- les post-larves (ou PL) correspondent aux individus qui se sont fixés sur l'hôte depuis une semaine ou moins;
- les immatures (ou I) ont entre une et quatre semaines d'âges à compter de leur fixation;
- les adultes (ou A) sont âgés au minimum d'un mois.

Afin de déterminer si les différences entre intensités moyennes (2) ou entre abondances (3) sont statistiquement significative ou non d'un échantillon à l'autre, des calculs ont été effectués sur la base du test non paramétrique de Mann-Whitney.

Une étude de la dispersion de D. aequans a été réalisée pour les Poissons de raceway (élevages 1 et 2) et ceux soumis à un confinement expérimental (expériences A et B). Celle-ci repose sur le coefficient de Fisher :  $d = s^2/m$ , ou sur l'indice de dispersion de Fisher :  $I = d(n-1)$ , avec  $s^2$  : variance;  $m$  : moyenne;  $n$  : nombre de Poissons examinés dans l'échantillon.

Dans le cas du coefficient de Fisher, nous rappellerons que  $d = 1$  quand la distribution est aléatoire ( $s^2 = m$ ),  $d < 1$  si elle est régulière ou sous-dispersée ( $s^2 < m$ ),  $d > 1$  si elle est agrégative ( $s^2 > m$ ). L'hypothèse nulle peut être testée par un test de Student avec  $n-1$  degrés de liberté, l'erreur standard étant égale à  $s = \sqrt{2/(n-1)}$ . L'intervalle de confiance de  $d$  est établi à un seuil donné; l'hypothèse  $H_0$  d'une répartition aléatoire peut être rejetée de part et d'autre de cet intervalle.

L'indice de dispersion de Fisher suit un  $\chi^2$  avec  $n-1$  degrés de liberté.  $H_0$  est rejetée à un risque  $\alpha$  quand  $\chi^2_{\alpha/2} < I < \chi^2_{1-\alpha/2}$ . Les limites d'intervalle permettant par suite de calculer les variances seuil correspondant aux moyennes observées, à partir de  $d$  ou  $I$ .

## RESULTATS ET INTERPRETATIONS

### L'ECLOSERIE (ELEVAGE 1)

Sur les 45 individus examinés, d'une longueur furcale comprise entre 0,8 et 2 cm, aucun n'a été trouvé parasité par des Monogènes. Il semble que les Diplectanum ne pénètrent pas dans les bassins de cette éclosérie. Une mortalité d'origine parasitaire n'a d'autre part jamais été signalée dans ce type d'installations et à ce stade de développement.

## LES CAGES (ELEVAGE 1)

Diplectanum aequans est la seule espèce de Monogène que nous avons trouvée sur ces Dicentrarchus placés en cage. Par conséquent, nous avons représenté dans la Fig. 1 les intensités (4) relevées en fonction de la longueur furcale de chaque Bar échantillonné. Ceux de moins de 20 cm ont un peu plus d'un an (cohorte 1); ceux d'une taille supérieure, deux ans et demi (cohorte 20). Le nombre de Poissons par cage est progressivement abaissé au cours du grossissement; ceux de la cohorte 1 étaient au nombre de 15 000 environ, l'effectif de la seconde venait d'être dédoublé, passant de 8 000 à 4 000.

Nous pouvons remarquer que :

- aucun Poisson n'abrite plus de 67 D. aequans; les intensités sont donc modérées;
- les effectifs de Monogènes sont plus élevés chez les Poissons de la cohorte 2 (différence statistiquement significative au seuil 5 %).

Par ailleurs, la structure qualitative des infrapopulations a été précisée : nous avons représenté (Fig. 2) pour des classes de tailles (exprimées en longueur furcale) équidistantes d'un centimètre, la proportion moyenne des trois stades de maturité du parasite : post-larve (PL), immature (I) et adulte (A).

La différence de structure des populations parasitaires est également nette entre les Bars de un an et ceux de deux ans.

Les Poissons de la cohorte 1 (un hiver en cage) sont non seulement peu parasités, mais hébergent des infrapopulations souvent dominées par des jeunes individus (PL et I). Les pyramides d'âges du parasite présentent une allure "chaotique" caractéristique d'une phase de colonisation. La faible représentativité des adultes (A) témoigne du faible recrutement lors du premier hiver, phénomène lui-même consécutif à l'absence presque totale, lors de cette même saison, de Bars sauvages au voisinage des cages.

Les Bars de la cohorte 2 (deux ans et demi) sont parasités de façon beaucoup plus équilibrée, les jeunes Diplectanum (PL et I) n'étant jamais excédentaires par rapport aux adultes. Ces Poissons ont donc fait l'objet d'infestations durant le mois antérieur au prélèvement (PL et I), mais aussi durant les mois précédents (A).

Le nombre plus élevé de parasites sur ces hôtes de deux ans et demi n'est pas le fait d'une accumulation d'une année sur l'autre car d'une part le rapport du nombre d'adultes sur le nombre de jeunes est proche de 1, d'autre part la durée de vie de ces Monogènes n'excède pas, en général, trois à quatre mois. Si l'on considère que l'immigration due à l'apport de Monogènes par les Bars sauvages circulant à proximité des cages n'est pas réellement différente d'une cage (cohorte 1) à l'autre (cohorte 2), il faut admettre qu'un recrutement s'opère au sein même des cages. Deux éléments corroborent cette hypothèse :

- a) la durée de vie de D. aequans étant faible et les Bars sauvages susceptibles d'apporter des parasites étant absents en hiver, la population parasitaire doit s'entretenir d'elle-même durant cette saison. Ce fait est d'autant plus vraisemblable que les Poissons de la cohorte 2 ont certainement abordé l'hiver précédent dans l'état parasitaire où se trouvent ceux de la cohorte 1; la population parasitaire n'est donc plus dans sa phase purement colonisatrice et les hôtes entament leur deuxième hiver presque tous parasités et chacun par plusieurs Diplectanum.
- b) les oeufs de D. aequans sont munis d'un filament courbé à son extrémité, ce qui doit conduire certains d'entre eux à rester accrochés au filet des cages. Il y aura d'autant plus d'oeufs pondus dans une cage qu'il y aura de Monogènes susceptibles de s'accoupler, leur fécondation étant croisée (Silan et al., 1983).

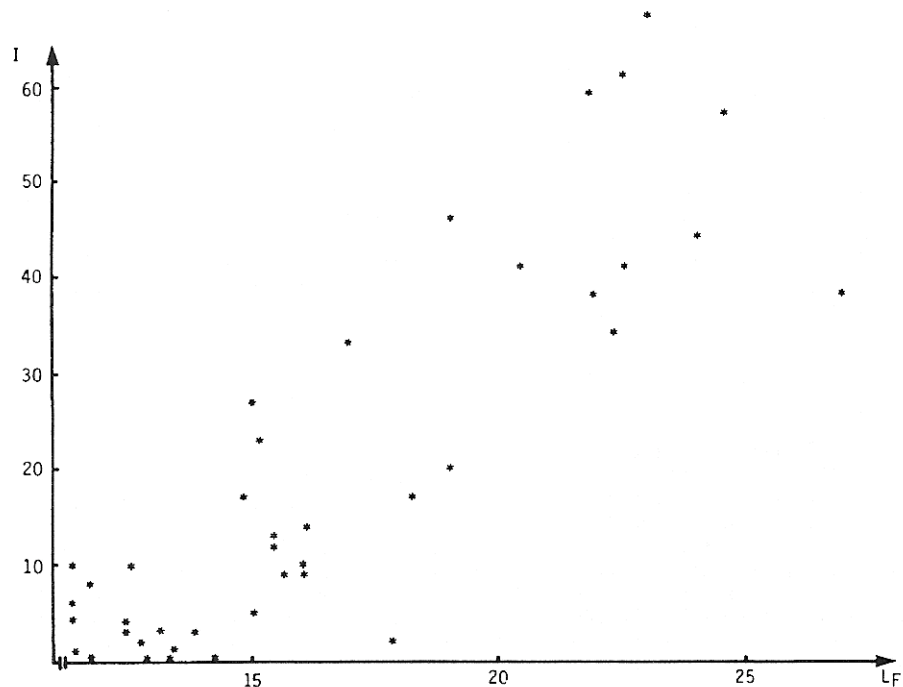


Fig.1. Intensités de *Diplectanum aequans* (I) en fonction de la longueur furcale ( $L_F$ ) des Bars de cages.

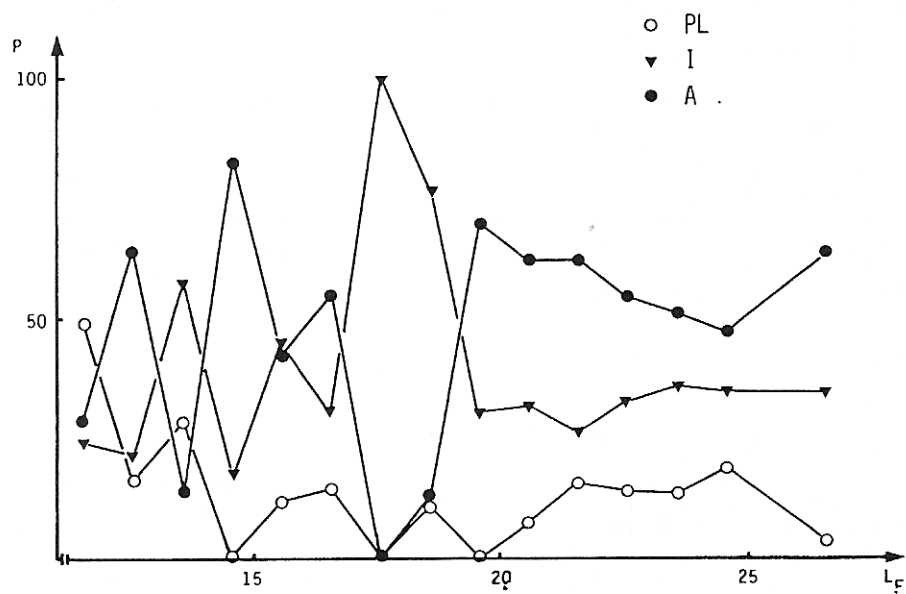


Fig.2. Pourcentage (P) de post-larves (PL), d'immatures (I) et d'adultes (A) de *Diplectanum aequans* en fonction de la longueur furcale ( $L_F$ ) des Bars. (Les données sont groupées par classes de tailles équidistantes de 10 cm).

Il apparaît en outre que les hôtes les moins parasités (cohorte 1) sont ceux qui sont les plus nombreux dans une cage; l'effectif des Bars n'est par conséquent pas systématiquement l'élément déterminant vis-à-vis du recrutement parasitaire. La charge, exprimée en kg/m<sup>3</sup>, n'est pas fondamentalement différente entre les deux cages : 15 000 Poissons de 40 à 60 g sont sur ce point sensiblement équivalents à 4 000 pesant entre 160 et 200 g; mais, sur le plan de la dynamique des populations parasitaires, les deux situations ne sont pas comparables pour les raisons suivantes : d'une part la probabilité qu'un Monogène de coloniser seul un hôte, et donc de ne pas engendrer de descendance, est plus élevée avec 15 000 individus; d'autre part, l'attraction des larves infestantes (oncomiracidiums) ayant une origine biochimique, diverses observations nous conduisent à penser que la détection d'un Poisson par un oncomiracidium est d'autant plus facile que celui-ci est grand.

#### LES RACEWAYS (ELEVAGES 1 ET 2)

La Fig. 3 traduit dans un raceway de l'élevage 1 en septembre (S), janvier (J), avril (A), et dans un raceway de l'élevage 2 en janvier (J), février (F), mars (M), l'évolution simultanée des logarithmes décimaux de la variance et de la moyenne du nombre de parasites pour chaque échantillon. Les droites ayant pour équation une expression de la forme  $\log s^2 = \log a + b \log m$  (a et b sont des constantes), et correspondant à la relation de Taylor  $s^2 = am^b$  (Taylor, 1961) sont représentées. Nous avons fait figurer également les variances-seuil devant être dépassées sous  $H_0$  (la répartition des Monogènes est de nature aléatoire) et calculées à partir du test de  $\chi^2$  précité; les intervalles ont été calculés au seuil 0,001 (test unilatéral).

Dans tous les cas, les coefficients ou les indices de dispersion de Fisher sortent des intervalles dans lesquels on ne peut rejeter notre hypothèse nulle  $H_0$ ; cela se traduit dans la Fig. 3 par des variances-seuil, calculées en fonction des moyennes observées, toujours inférieures aux variances observées. Autrement dit, quels que soient les échantillons, les parasites peuvent être considérés comme répartis de façon agrégative.

Le paramètre b de la relation de Taylor, qui correspond à la pente des droites, est égal à 2,31 pour l'élevage 1 et 1,63 pour l'élevage 2; ils témoignent de la même tendance agrégative car ils sont supérieurs à l'unité. Cet indice, indépendant des effectifs, ne peut cependant pas être utilisé pour comparer le degré d'aggrégation dans les deux élevages, car les échantillons ne concernent pas toujours les mêmes périodes et les populations parasitaires ne sont pas au même stade démographique. Il en est de même pour les coefficients et indices de Fisher, d'autant plus qu'ils sont quant à eux dépendants des effectifs. Toutefois, nous remarquerons les faits suivants :

##### Elevage 1

Quand les Bars ont 6 ou 7 mois et qu'ils n'ont séjourné qu'un été en raceway, ils sont parasités quand ils sont examinés en septembre (S); ce fait témoigne du passage d'oeufs ou plus vraisemblablement des oncomiracidiums par les conduits d'alimentation en eau de l'élevage. Les intensités, et par conséquent la moyenne m, demeurent faibles, ainsi que la variance; les jeunes Bars sont alors presque tous parasités, mais par très peu d'individus. La répartition des parasites dans la population d'hôtes est presque aléatoire (variance observée et calculée proches sur la Fig. 3).

En janvier (J), les Poissons examinés avaient en moyenne une centaine de Diplectanum, ce qui constitue une charge parasitaire non négligeable sur d'aussi jeunes hôtes. Dans le même temps, l'écart entre les moins infestés et les plus parasités s'est creusé, la variance étant voisine de 10<sup>4</sup>. Une partie du stock a



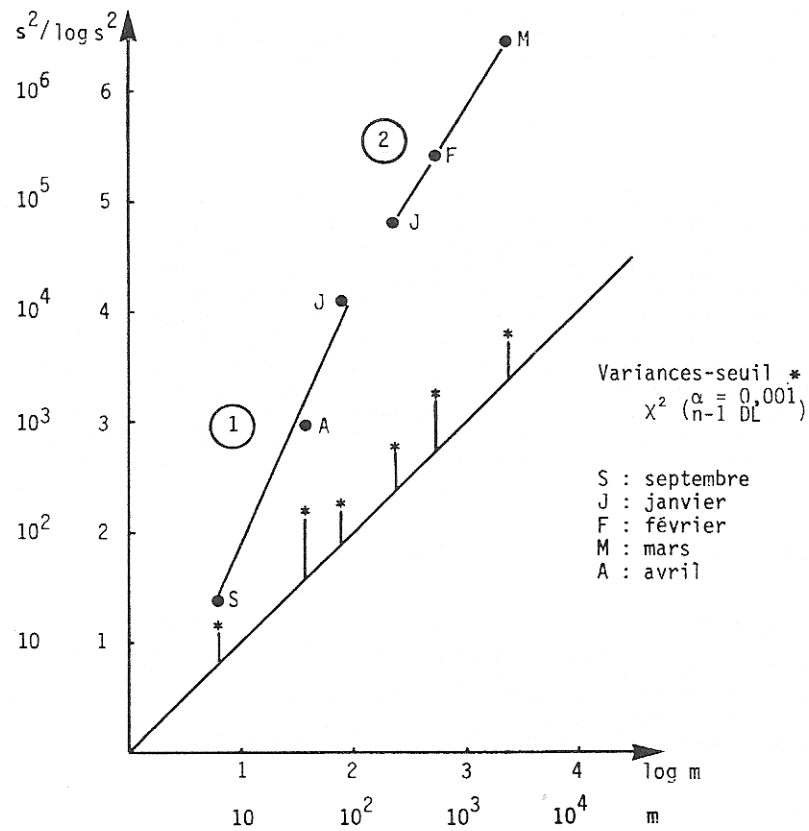


Fig.3. Variations du logarithme de la variance ( $\log s^2$ ) en fonction du logarithme de la moyenne du nombre de Diplectanum aequans ( $\log m$ ) pour chaque mois d'échantillonnage dans les élevages 1 et 2.  
Elevage 1 :  $\log s^2 = 2,311 \log m - 0,049$ ; coefficient de corrélation  $r = 0,986$ .  
Elevage 2 :  $\log s^2 = 1,626 \log m + 0,973$ ; coefficient de corrélation  $r = 0,999$ .

succombé dans cet élevage au cours de cette période hivernale.

Plusieurs traitements au formol (600 à 700 ppm) ont alors été appliqués les mois suivants. A chaque traitement, les hôtes les plus affaiblis, à la fois par le parasitisme mais également par les conditions hivernales, ont été éliminés.

Un prélèvement en avril (A), mois avant et durant lequel les mortalités ont baissé, a permis de constater une réduction sensible du parasitisme mais également du degré d'agrégation des Monogènes. Les Bars qui restaient étaient moins nombreux mais plus parasités qu'à l'automne; nous observons que la répartition tend à nouveau vers la régularité (modèle Poissonnien...).

## Elevage 2

Un prélèvement a été réalisé en janvier (J) alors que plusieurs dizaines de Poissons succombaient chaque jour dans ce raceway. Tous les Bars examinés présentaient des réactions de fuite atténuées; l'examen de leurs branchies a révélé la présence de 200 à 300 Diplectanum par hôte. Les intensités n'ont cessé d'augmenter en février (F) et surtout en mars (M), mois durant lequel nous avons pu noter la présence de plusieurs milliers de Monogènes sur les branchies de Poissons de 10 à 15 cm. Dans ce cas, aucun traitement n'ayant été pratiqué, de nombreux Poissons, très parasités, se sont maintenus plusieurs jours immobiles au fond du bassin, tout en s'affaiblissant progressivement jusqu'au point de succomber. Une régulation intensité-dépendante de la population parasitaire, par la mort des Poissons, a incontestablement été moins efficace que dans l'élevage 1; un tel fait a eu pour conséquence majeure de perdre 80 à 90 pour cent du stock dans ce raceway de l'élevage 2.

## EXPERIENCES A ET B DE CONFINEMENT EN BASSIN

Pour l'expérience A (Fig. 4) comme pour l'expérience B (Fig. 5), nous avons représenté le nombre de Diplectanum aequans décompté sur chaque hôte (ordonnée de gauche), hôte auquel nous avons attribué un numéro d'ordre croissant (de 1 à 10) avec l'effectif de Monogènes qu'il supporte; dans chaque figure, l'axe des ordonnées de droite exprime le pourcentage de parasites récoltés sur chaque Poisson par rapport à l'effectif total du lot correspondant.

### Expérience A

A une température proche de 20 °C, la population parasitaire s'est accrue rapidement, puisque le nombre total de D. aequans a atteint 2 899, alors que chaque Poisson était parasité par moins de 10 individus en début d'expérience. Outre cet accroissement, le fait à remarquer est qu'il existe en fin d'expérience une agrégation assez intense : plus de 60 % des parasites sont présents sur deux hôtes (9 et 10), et l'hypothèse d'une répartition aléatoire est rejetée à un seuil inférieur à 0,05.

En comparant l'état des infrapopulations sur chaque Bar, nous avons pu noter que les hôtes 9 et 10, abritant déjà une population mature (adulte) et immature importante, étaient également les plus parasités par les post-larves, respectivement 757 et 665 PL. Il existe donc une dépendance entre les états parasitaires successifs, laquelle dans cette expérience, n'était pas corrélée à un comportement différentiel des Poissons, tel que cela peut être observé sur d'importants lots en raceway. En effet, tous les hôtes avaient en fin d'expérience des comportements analogues d'animaux "sains"; aucun ne présentait de déficience apparente. Même dans un bassin de taille réduite rendant en théorie plus équiprobable les chances d'infestation, il apparaît donc que les Bars n'ont



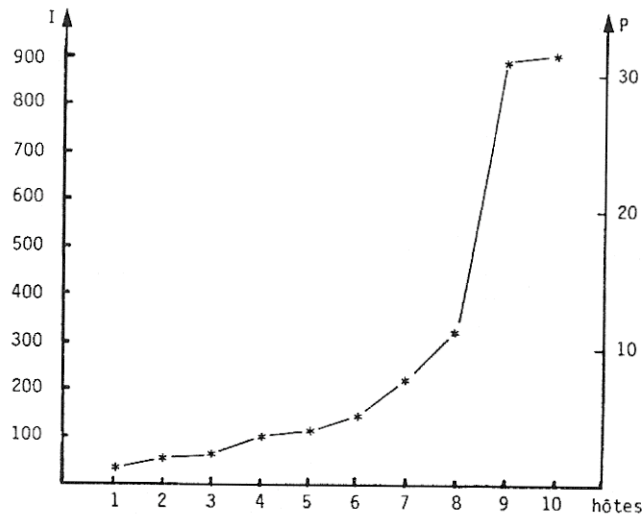


Fig.4. Ordonnée de gauche : Intensité (I) de *Diplectanum aequans* sur chacun des 10 hôtes (1 à 10) de l'expérience A. Ordonnée de droite : pourcentage (P) de *D. aequans* sur chacun des hôtes par rapport à l'effectif total.

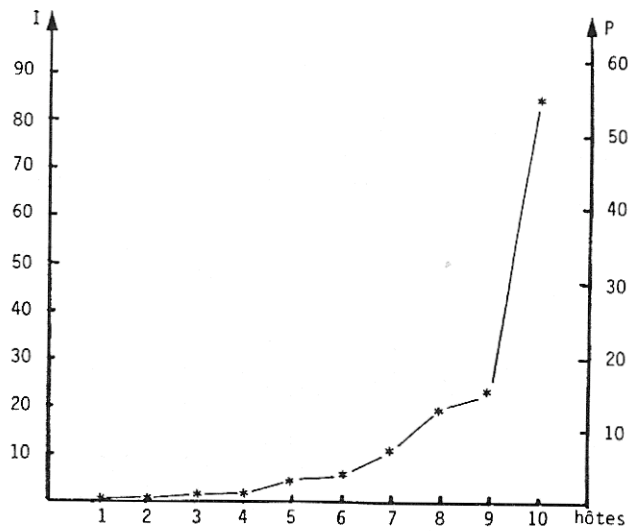


Fig.5. Ordonnée de gauche : intensité (I) de *Diplectanum aequans* sur chacun des 10 hôtes (1 à 10) de l'expérience B. Ordonnée de droite : pourcentage (P) de *D. aequans* sur chacun des hôtes par rapport à l'effectif total.

pas la même probabilité d'être contaminés.

Il convient de noter également que les Bars jusqu'alors peu parasités, subissent inmanquablement à ce niveau de population les assauts des oncomiracidiums devenant de plus en plus nombreux... les intensités vont donc croître beaucoup plus rapidement sur ces Poissons jusqu'alors épargnés. Si les Bars les plus atteints ne succombent pas par suite d'une surcharge parasitaire, il est fort probable que les intensités deviennent si élevées que la quasi-totalité des Bars disparaîtront, comme cela s'est passé dans l'élevage 2. Dans le cas contraire, le degré d'agrégation va sans aucun doute s'abaisser, alors que les intensités seront plus élevées que celles notées quelques semaines auparavant; une telle situation devient alors comparable, à l'échelle et aux intensités près, à ce que nous venons de décrire dans l'élevage 1.

#### Expérience B

Bien que l'expérience ait duré quatre mois, nous constatons (Fig. 5) que les intensités sont très inférieures à celles observées dans l'expérience A. L'abaissement de la température dans nos élevages ne peut justifier un tel état, car les populations de *D. aequans* sont capables de se multiplier tout aussi rapidement à 12 ou 13°C. Trois hypothèses sont donc envisageables pour expliquer d'aussi faibles intensités :

- un mécanisme de défense immunitaire est intervenu;
- un facteur abiotique ou biotique (par exemple une infection virale, Mokhtar - Maamouri *et al.*, 1976) non contrôlé a provoqué la disparition des *Diplectanum* ou en a limité le recrutement;
- l'échantillon considéré n'abritait initialement qu'un nombre très restreint de Monogènes.

L'hypothèse d'un mécanisme de défense de la part de l'hôte nous paraît la plus douteuse pour trois raisons essentielles; premièrement, des milliers de Bars meurent dans les élevages à cause de ce Monopisthocotylea, et presque aucun n'est épargné si les intensités dépassent un seuil variable; deuxièmement, plusieurs expériences que nous avons réalisées visant à parasiter des Bars avec des milliers d'oncomiracidiums n'ont jamais révélé de seuil de saturation; troisièmement, aucun Bar ne s'est révélé réfractaire à l'infestation, ce n'est qu'un "problème de délai".

Les deux autres hypothèses sont par contre beaucoup plus vraisemblables; nous ne pouvons rejeter ni l'une, ni l'autre. Ce dernier point mérite naturellement de plus amples recherches.

Cependant, quelle que soit la raison à l'origine de cet accroissement modéré de populations, la surdispersion est évidente et confirmée par les tests : un seul Bar (10) supporte plus de 50 % de l'effectif total.

Cette expérience B a dû être stoppée car cet hôte 10, assez parasité, était sur le point de succomber. Ce Poisson présentait une adynamie poussée, un état de maigreur extrême et un mélanisme irréversible caractéristique d'un animal affaibli. Il avait cessé de s'alimenter une quinzaine de jours plus tôt, alors que les neuf autres avaient des comportements "normaux". Si la surdispersion se manifeste dans un lot homogène de Poissons apparemment "sains", elle paraît s'accroître lorsque certains animaux présentent des troubles physiologiques et par conséquent éthologiques : un individu apathique, immobile au fond d'un bassin, est une cible plus accessible pour les oncomiracidiums qu'un Bar très mobile. Tous les moments au cours desquels des Poissons "sains" nagent activement et en surface sont autant de périodes durant lesquelles la probabilité de rencontre entre l'hôte et le parasite est réduite. Par ailleurs, quand on connaît l'importance de l'attraction chimique par des composantes du mucus (Silan, 1984) et que l'on sait qu'un Poisson déficient en sécrète

généralement plus, il est tout à fait permis de penser que plus un hôte se sédentarise à la suite de troubles, plus il sera parasité si des larves infestantes sont à proximité, et ainsi de suite jusqu'à l'élimination de cet individu.

Comme dans l'expérience A, nous noterons que l'éradication du ou des individus sur lesquels s'exerce la surdispersion, conduit obligatoirement à une réduction du degré d'agrégation.

Il est également important de remarquer que l'hôte de 10 présentait un état pathologique sans être infesté par une quantité importante de Diplectanum (moins de 100), telle que celles évoquées dans le raceway de l'élevage 2; en fait, l'intensité parasitaire agit plus en synergie, qu'elle soit cumulative ou antagoniste, avec l'ensemble des facteurs biotiques, que seule, pour déterminer un état pathologique.

## DISCUSSION ET CONCLUSIONS

Cette analyse nous conduit aux remarques et aux conclusions suivantes :

- le parasitisme par les Diplectanum n'affecte pas les écloseries; ces dernières nous paraissent le plus souvent suffisamment isolées pour que ces Monogènes n'y pénètrent pas. En outre, des expériences d'infestations menées au laboratoire sur des alevins ont confirmé l'extrême faiblesse du recrutement sur de très jeunes Poissons. L'attraction apparaît fortement réduite sur ces hôtes; les oncomiracidiums ne paraissent détecter les alevins qu'à très faible distance;
- dans les cages sur lesquelles nous avons travaillé, Diplectanum aequans colonise assez rapidement les Bars, accroît ses effectifs d'une année sur l'autre, mais ne pose pas de problème majeur sur le plan pathologique.

La contamination par les Bars sauvages qui circulent à proximité des cages est effective mais limitée. De plus, l'émigration, hors de ce dispositif de confinement, des oeufs et oncomiracidiums issus des monogènes présents sur les Bars élevés, est sans aucun doute suffisante pour réduire le recrutement au sein de chaque stock de Poissons. Dans la mesure où les charges de Poissons ne sont pas disproportionnées (13 à 20 kg/m<sup>3</sup>), où les cages sont surélevées par rapport au substrat (car les stades infestants s'y trouvent), et qu'elles font l'objet d'un entretien régulier évitant tout colmatage, aucun accroissement spectaculaire des populations de Diplectanum aequans ne devrait être observé dans ce type de dispositif d'élevage.

Dans les bassins à terre, tous les élevages que nous avons pu visiter ces dernières années sont concernés par la présence de D. aequans. Quelles que soient les conditions de milieu (salinité, température...), cette espèce se maintient en permanence sans difficulté; elle est à l'origine des plus amples mortalités causées par des Monogènes chez Dicentrarchus labrax. Il convient sur ce point de signaler en élevage l'absence de Microcotyle labracis, et la présence occasionnelle, mais parfois dangereuse de Diplectanum laubieri. Les accroissements démographiques observés ne sont pas la résultante d'une variation considérable de la dynamique de ponte ou de la réduction du temps de développement, mais de l'augmentation du taux de recrutement interne au système.

Lors du premier été, le temps de stabulation n'est en général pas suffisant pour que l'on puisse enregistrer des intensités parasitaires élevées. Au début de l'hiver, alors que les Bars sauvages à l'origine du parasitisme quittent les lagunes dans lesquelles sont installés les élevages, les populations de D. aequans sont à un niveau suffisant pour s'entretenir elles-mêmes et déboucher sur des incidents pathologiques deux à 3 mois plus tard. Les Poissons sont alors plus vulnérables aux agressions dont leurs tissus branchiaux font l'objet. Accidentellement, l'accroissement de population peut être tel, dès le premier

été, qu'il déclenche des mortalités; nous avons pu observer un tel cas, mais il convient d'ajouter que des problèmes d'origine hydraulique avaient contraint à recycler l'eau, empêchant de ce fait les vidanges quasi-complètes et régulières des bassins, et par conséquent l'élimination de stades infestants.

Un accélération du processus dynamique est en fait largement dépendante de certaines pratiques employées par les aquiculteurs, et non pas, prioritairement, d'une réponse des parasites aux variations de paramètres physico-chimiques. Les volumes de ponte n'étant pas réellement différents à 20 °C et à 12-13 °C, mais le temps d'incubation des oeufs s'allongeant avec la réduction de température, nous devrions observer les plus spectaculaires explosions démographiques en fin d'été (du moins sur des Poissons de un an), et pas seulement en hiver. En fait, les bassins sont nettoyés plus souvent en été; en hiver, les vidanges et le broyage des raceways sont très limités et la population parasitaire peut se développer sans rupture du recrutement. Les Poissons étant plus sensibles aux manipulations en hiver, un compromis doit donc être trouvé entre un nettoyage minimal limitant les risques de surinfestation mais pouvant affaiblir certains hôtes, et l'absence de mesures prophylactiques simples dont on connaît désormais les conséquences !

Dans ces raceways, le mode de colonisation des Bars par Diplectanum aequans peut être résumé de la manière suivante :

- dans un premier temps, les oncomiracidiums pénètrent dans l'élevage lors du pompage de l'eau de mer, et colonisent les hôtes de façon-presque aléatoire;
- quand la reproduction des Monogènes commence à se généraliser dans les bassins, l'attraction différentielle se développe; elle est d'autant plus accentuée que les Poissons n'abondent pas l'hiver dans les mêmes conditions physiologiques. En règle générale, les Bars présentant diverses malformations (absence de vessie natatoire (Weppe et Bonami, 1983), colonne vertébrale déformée (Tesseyre, 1979)...), et donc des troubles locomoteurs, seront les premiers à être atteints de plus en plus massivement, ce qui ne signifie pas qu'ils soient seuls;
- la population parasitaire ne cessant de s'accroître, les hôtes jusqu'alors indemnes finissant par être parasités. A compter de ce dernier stade, deux situations sont observables :
  - a) ou bien les Poissons les plus affaiblis, très souvent porteurs de plusieurs centaines de Monogènes, sont laissés dans le bassin; une contamination à partir de ces "réservoirs à parasites" affecte alors l'ensemble du stock dans un délai assez bref; les intensités deviennent très importantes et la quasi-totalité des Bars peuvent succomber;
  - b) ou bien les hôtes les plus atteints sont éliminés (prélèvements, traitements au formol...) et les dégâts sont limités jusqu'au tri suivant : il n'est en effet pas rare d'observer, une fois la première ou la deuxième vague de mortalité enregistrée, un remaniement des lots de Poissons afin d'homogénéiser les tailles et rehausser les charges à leur niveau optimal (pour l'aquiculteur comme pour le parasite !). Cela revient à placer les hôtes dans une situation dans laquelle la répartition des parasites est redevenue plus régulière, mais les intensités plus élevées. Il est évident que les problèmes ne tardent pas à réapparaître... voire à s'amplifier à moyen ou à long terme : nous avons ainsi pu constater que ces pratiques, tout à fait louables du point de vue de la croissance des hôtes, pouvaient conduire à la contamination de tous les stocks de même âge d'un élevage...

La simulation expérimentale confirme ces différents faits, et notamment l'importance de la surdispersion dans la dynamique de l'infestation. Non seulement certains Bars sont plus rapidement parasités que d'autres, pour des raisons éthologiques et vraisemblablement biochimiques, mais de surcroît, tous n'ont pas la même résistance par rapport à la charge parasitaire. Ce dernier point soulève le problème du seuil létal, notion essentiellement théorique car ce seuil dépend autant de l'état général du Poisson que des conditions de



milieu; des Bars de 1 an, sous-alimentés et en hiver, peuvent ne pas supporter plus d'une centaine de Diplectanum; d'autres, du même âge et dans des conditions optimales de stabulation, n'ont présenté de troubles qu'au-delà de six à sept mille individus. Des Dicentrarchus plus âgés peuvent résister temporairement à des intensités encore plus élevées : 10 000 à 15 000 Diplectanum ont été notés dans un élevage et dans nos propres installations sur des géniteurs.

En définitive, afin de limiter, voire supprimer, les dégâts parfois considérables occasionnés en élevage par les Diplectanum (D. aequans essentiellement) de Dicentrarchus labrax, des solutions existent, d'autres nécessitent des recherches :

- au niveau des cages, ces solutions déjà citées sont des charges modérées, l'absence de colmatage (élimination des salissures) et le maximum de surélévement par rapport au substrat. La présence de courants assez importants dans la zone d'élevage est bénéfique, car ils limitent le recrutement en entraînant des stades infestants. Quand la profondeur est faible et que le fond des cages se trouve près du substrat, la mise en place de parcs grillagés, empêchant les Bars sauvages de circuler à proximité, serait localement souhaitable;
- dans les bassins à terre, le problème est à aborder en considérant trois points :
  - a) le premier concerne les erreurs à éviter. Compte tenu de la structure des raceways, il apparaît primordial d'effectuer des chasses d'eau toute l'année, de brosser le fond des bassins même en hiver, et de ne pas se contenter d'un écoulement superficiel qui n'entraîne pas la majorité des oncomiracidiums. Il est préférable de stresser modérément des Poissons de temps à autre plutôt que de les laisser s'affaiblir progressivement par élévation constante du nombre de leurs parasites. Une autre erreur, lourde de conséquence, est l'introduction de géniteurs sauvages dans les mêmes raceways que ceux où se trouvent de plus jeunes Bars. Nous avons en effet pu montrer (Silan, 1984) que certains géniteurs étaient de loin les individus les plus parasités au sein des populations de Dicentrarchus labrax, et en particulier certaines femelles en période de frai. Les ectoparasites introduits avec ces adultes finissent par contaminer tout l'élevage, pour peu que des tris, des transferts de Bars d'un bassin à l'autre soient faits, ou bien que l'eau subisse un recyclage commun.
  - b) le deuxième aspect du problème est l'introduction incontrôlée de larves infestantes dans les bassins. Il est certain que le pompage direct en étang dans des secteurs où des Bars sauvages parasités circulent, entraîne tôt ou tard la contamination de l'élevage. Une zone de protection grillagée, interdisant le stationnement des individus sauvages à proximité des points de pompage, serait une mesure simple et digne d'intérêt. Le pompage par le biais de drains, disposés sous plusieurs mètres de sable, est sans conteste une mesure efficace vis-à-vis de l'introduction des oncomiracidiums : la réduction de débit qui résulte généralement de ce mode de capture ne doit cependant pas effacer les problèmes de pathologie parasitaire au profit d'une pathologie de nature infectieuse, par suite d'une baisse de la "qualité" de l'eau. Quelle que soit la procédure envisagée, une filtration mécanique au niveau de l'alimentation en eau est techniquement possible; sa mise au point doit être envisagée.
  - c) Le troisième aspect, faisant actuellement l'objet de trop peu d'études, est relatif à l'élaboration de mesures curatives, en particulier par la voie chimiothérapique. L'inexistence actuelle de traitements anti-helminthiques utilisables en milieu marin constitue un point de blocage majeur pour l'aquiculture. Les traitements à six ou sept cent mg/l de formol parfois employés ne sont pas complètement inefficaces, mais il convient de savoir qu'ils agissent plus sur les cinétiques démographiques en éliminant les hôtes aux branchies recouvertes de Diplectanum qu'en réduisant vraiment la population de Monogènes par une action directe; leur efficacité n'est que relative et temporaire.

Si l'éradication avec d'autres molécules est envisageable, elle n'a de sens qu'une fois les mesures préventives prises qui visent à limiter le passage des oncomiracidiums dans les raceways. Aucun traitement continu n'est souhaitable, tant pour la santé des Poissons que pour l'état sanitaire des lagunes dans lesquelles les sites aquicoles sont souvent installés.

#### BIBLIOGRAPHIE

- BAER J.G. et L. EUZET. 1961. Classe des Monogènes. In : Traité de Zoologie, publié sous la direction de P.P. Grassé, Paris, Masson (Ed.), 4(1):243-325.
- BARNABÉ G. 1980. Exposé synoptique des données biologiques sur le Loup ou Bar, Dicentrarchus labrax (Linné, 1758). Synopsis FAO sur les pêches FIR/S 126.
- MOKHTAR-MAAMOURI F., A. LAMBERT, C. MAILLARD, et C. VAGO. 1976. Infection virale chez un Plathelminthe parasite. C.r. hebd. Séanc. Acad. Sc. Paris, série D, 283:1249-1251.
- OLIVER G. 1977. Effet pathogène de la fixation de Diplectanum aequans (Wagener, 1857) Diesing, 1858 (Monogenea, Monopisthocotylea, Diplectanidae) sur les branchies de Dicentrarchus labrax (Linnaeus, 1758) (Pisces, Serranidae). Z. Parasitkde, 53(2):7-11.
- SILAN P. 1984. Biologie comparée des populations de Diplectanum aequans et Diplectanum laubieri, Monogènes branchiaux de Dicentrarchus labrax. Thèse 3ème cycle, Univ. Sci. Tech. Languedoc, Montpellier. 275 p.
- SILAN P., L. EUZET, et C. MAILLARD. 1983. La reproduction chez Diplectanum aequans (Monogenea, Monopisthocotylea). Nouvelles données sur l'anatomie du complexe génital et son fonctionnement. Bul. Soc. Fr. Parasit. 1:31-36.
- TAYLOR L.R. 1961. Aggregation, variance and the mean. Nature 189:732-735.
- TESSEYRE CH. 1979. Etude des conditions d'élevage intensif du Loup (Dicentrarchus labrax L.). Thèse 3ème cycle, Univ. Sci. Tech. Languedoc, Montpellier. 115 p.
- WEPPE M. et J.R. BONAMI. 1983. Non-inflation of the swimbladder in hatchery-reared sea bass and sea bream : a significant problem in marine aquaculture. Bull. Eur. Ass. Fish Pathol. 3(4):59-60.